

Studi Kasus Energi Alternatif Briket Sampah Lingkungan Kampus POLBAN Bandung

Supriyatno* dan Merry Crishna B.

Kelompok Energi – Pusat Penelitian Fisika – LIPI

Jl. Cisitu No. 21/154D Komp. LIPI Bandung Telp. 022-2507773 Fax. 022-2503050

E-mail : supriyatno03@yahoo.com / supriyatno04@gmail.com

Abstrak

*Pasca pencabutan subsidi BBM, telah memberikan dampak kebutuhan potensi energi alternatif khususnya sektor rumah tangga. Untuk itu perlu dicari solusi dan salah satu diantaranya yaitu dengan pemanfaatan energi biomassa dari limbah sampah organik yang masih banyak belum terolah. Pemanfaatannya diharapkan akan mengurangi permasalahan sampah di berbagai lokasi. Sampah organik biomassa dapat diolah menjadi bio-arang dalam bentuk briket sampah sebagai pengganti bahan bakar rumah tangga konvensional seperti BBM dan gas LPG. Dalam makalah ini akan diuraikan hasil penelitian briket dari sampah organik sebagai suatu padatan yang dihasilkan melalui proses pemampatan dengan tekanan alat press hidrolik. Bahan baku dalam penelitian adalah sampah organik yang berasal dari lingkungan kampus POLBAN Bandung yang terdiri dari batang/ranting kayu flamboyant (*Delonix Regia*), daun angsana (*Pterocarpus Indicus*) dan bunga pinus (*Pine Forest*). Dalam penelitian dilakukan pengamatan parameter suhu proses karbonisasi dengan menggunakan tungku pirolisa dengan suhu 250 °C, 300 °C dan 350 °C. Pembentukan briket dilakukan dengan cara penggerusan dan pengayakan untuk ukuran butiran 40 mesh sedangkan cara pencampuran dan pembentukan digunakan alat cetak briket dengan bahan penolong untuk perekat yaitu tepung kanji. Proses pengeringan hasil cetak briket menggunakan panas sinar matahari. Pengujian untuk kualitas briket dilakukan terhadap parameter perbandingan pencampuran arang dan suhu proses karbonisasi. Hasil percobaan briket dengan kualitas baik mempunyai nilai kalor 20055,96 Joule/kg sedangkan kualitas buruk mempunyai nilai kalor 12293,19 Joule/kg.*

Kata kunci: sampah organik; pirolisa; briket; parameter suhu; nilai kalor

Abstract

*Post removal of fuel subsidies, have given the potential impact of alternative energy needs, especially for household sector. For that to find solutions and one of them is the utilization of waste biomass energy from organic waste which is still not yet processed. Utilization is expected to reduce the problem of garbage in various locations. Organic waste biomass can be processed into bio-briquettes of charcoal in the form of waste as a substitute for conventional fuels as kerosene and household energy as LPG gas fuel. In this paper the research results will be explained briquettes from organic solid wastes produced by the compression process by means of a hydraulic press tools. Raw material for process in this research is organic waste from Politeknik Bandung campus environment that consists of a bar / rod flamboyant (*Delonix Regia*), leaf angsana (*Pterocarpus indicus*) and flowers pine (*Pine Forest*). In the study conducted observations of temperature carbonization process parameters using pyrolysis furnace at ordered the temperature 250 °C, 300 °C and 350 °C. The raw material of briquettes made with crusher and sieve tool for the grain size of 40 meshes. The mixing and forming of briquettes used mixer and molding equipment with auxiliary materials for starch adhesive. After the briquettes moulded then it placed on the sunshine for drying. Testing for quality parameters of biomass briquettes, that is the mixing ratio and temperature carbonization process. Experimental results with good quality briquette that is having heating value 20,055.96 Joule/kg whereas poor quality 12,293.19 Joule/kg.*

Keywords: organic waste, pyrolysis, briquette, temperature parameters, heating value

*Kelompok Energi – Pusat Penelitian Fisika – LIPI
Jl. Cisitu No. 21/154D Komp. LIPI Bandung
Telp. 022-2507773 Fax. 022-2503050
E-mail: supriyatno03@yahoo.com / supriyatno04@gmail.com

Pendahuluan

Pembuatan briket dari sampah organik merupakan salah satu jalan keluar mengatasi sumber bahan bakar yang semakin mahal dan menipis, disamping itu briket sampah dapat mengurangi volume sampah. Pemilihan mengenai pembuatan briket ini karena cara pembuatan briket sampah relatif mudah, murah, bersih, ramah lingkungan dan mendorong kelestarian alam. Bahan dasar briket dapat ditemukan dilingkungan sekitar kita seperti; ranting kayu, daun-daun kering, bunga pohon pinus, ampas tebu, tempurung kelapa. Sampah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah organik yang berasal dari taman kampus POLBAN yaitu daun kering, ranting pohon flamboyan dan bunga pinus.

Penelitian ini difokuskan kepada pemanfaatan briket sampah taman kampus sebagai bahan bakar. Pada saat pemilihan sampah taman kampus yang harus diperhatikan adalah memiliki kadar organik tinggi, sehingga sampah tersebut dapat dibuat bahan bakar yang memiliki nilai kalor memadai. Sampah/limbah biomassa dibuat briket arang dengan cara proses pengarangan sampah, pencampuran arang dengan bahan perekat, kemudian dilakukan pencetakan briket dengan menggunakan alat matres. Setelah selesai pencetakan, briket dikeringkan oleh sinar matahari selama 6 jam. Permasalahan yang diambil adalah membuat briket arang dari 3 jenis limbah biomassa yaitu daun kering, ranting pohon dan bunga pinus dan menganalisa nilai kalor, kekuatan, flash point dan mengaplikasikan pada tungku briket.

Adapun tujuan studi kasus ini adalah: pembuatan briket arang dari daun kering, ranting pohon dan bunga pinus yang ada di sekitar kampus selanjutnya mengkarakterisasi briket tersebut dengan menganalisa pengujian nilai kalor, kekuatan briket arang dan pembakaran (flash point); pada briket daun, briket ranting pohon, briket bunga pinus dan briket campuran (daun, ranting, bunga pinus) ditambah batubara. Dan akhirnya mengaplikasikan briket arang yang dihasilkan pada tungku sampah LIPI.

Lingkup kegiatan terdiri dari: pembuatan briket dilakukan pada alat cetak matres (pres banting dan pon). Bahan (limbah biomassa) yang diambil dari kampus POLBAN adalah kering. Variasi pembuatan briket yang terdiri dari briket daun, briket ranting pohon, briket bunga pinus dan briket campuran (daun, ranting, bunga pinus) ditambah batubara.

Limbah biomassa sekitar kampus dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif melalui metoda pembriketan.

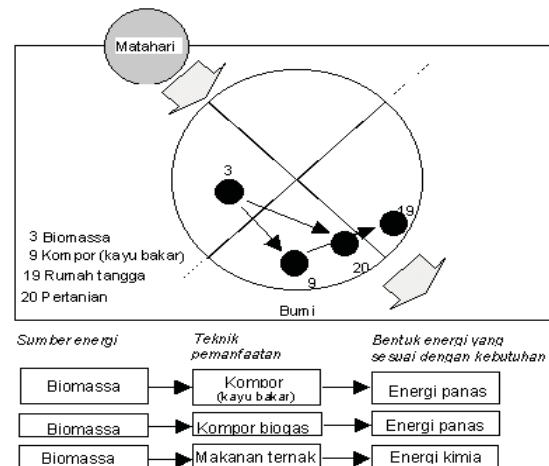
Landasan Teori

Biomassa merupakan bahan-bahan organik berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan/hewan; produk dan limbah industri budidaya (pertanian, perkebunan, kehutanan, perternakan, perikanan). Unsur utama dari biomassa

adalah bermacam-macam zat kimia (molekul) yang sebagian besar mengandung atom karbon (C).

Biomassa secara garis besar tersusun dari selulosa dan lignin (sering disebut ligninselulosa). Komposisi elementer biomassa bebas abu dan bebas air kira-kira: 53% massa karbon, 6% hidrogen dan 42% oksigen, serta sedikit nitrogen, fosfor dan belerang (biasanya masing-masing kurang dari 1%). Kadar abu kayu biasanya kurang dari 1%.

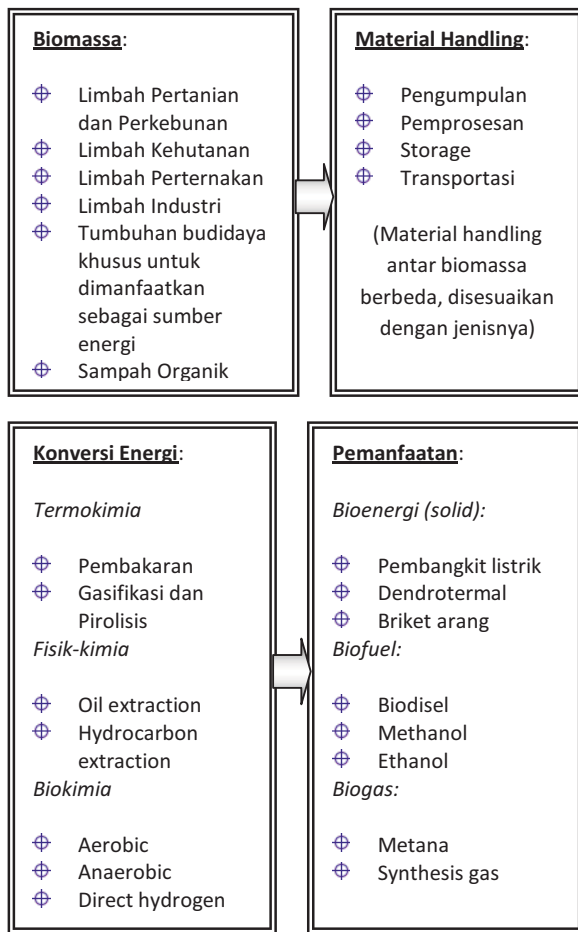
Keunggulan lain dari biomassa adalah harganya yang lebih murah dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Kondisi ini dapat terjadi karena jumlahnya yang sangat melimpah dan umumnya merupakan limbah dari suatu aktivitas masyarakat. Namun demikian, dengan *range* nilai kalor antara 3.000–4.500 cal/gr, energi yang dikandungnya masih sangat potensial untuk dimanfaatkan terutama dalam rangka membangkitkan energi panas. Biomassa juga dikategorikan sebagai bahan bakar karbon netral. Gambar 1. memperlihatkan pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi.



Gambar 1. Pemanfaatan Biomassa

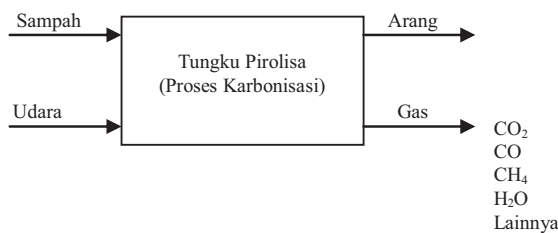
Konversi termokimia biomassa secara umum sebagai proses pemanfaatan energi yang dikandung biomassa dapat digambarkan seperti yang ditampilkan pada pola yang disajikan dalam Gambar 2.

Proses Karbonisasi. Karbonisasi merupakan suatu proses memanaskan sampah organik pada suhu-suhu tertentu dengan penyediaan udara secara terbatas. Proses karbonisasi dilakukan untuk melepaskan beberapa bahan kimia organik dan meninggalkan suatu sisa yang terdiri atas karbon murni. Pada temperatur 50-150 °C hanya air murni yang dilepaskan, pada temperatur 200-400 °C mulai terjadi proses karbonisasi yaitu dekomposisi atau pembusukan parsial.



Gambar 2. Skema Proses Biomassa

Arang adalah hasil karbonisasi sampah dapat digunakan sebagai bahan baku briket, bahan bakar rumah tangga ataupun arang aktif; produk samping berupa gas metana, gas hidrogen dan amoniak. Dalam proses karbonisasi terjadi pengurangan jumlah volume atau berat sampah sampai 20% dari jumlah asal. Untuk mengatasi polusi pada proses karbonisasi, gas asap dari tungku karbonisasi dapat dilakukan ke alat penyulingan sehingga diperoleh minyak suling sampah untuk keperluan tertentu. Sedangkan gas-gas yang dihasilkan proses karbonisasi dapat diproses lebih lanjut untuk menghasilkan bahan-bahan kimia. Gambar 3. memperlihatkan neraca bahan tungku.



Gambar 3. Neraca Bahan Tungku

Briket Sampah. Briket adalah suatu padatan yang dihasilkan melalui proses pemampatan dan tekanan dan jika dibakar menghasilkan sedikit asap. Briket arang atau biorang adalah arang yang diolah/arang yang dibentuk tertentu dengan sistem pengepresan dan menggunakan bahan perekat, sehingga berbentuk briket yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari.

Selain itu hasil penelitian Sudrajat (1983) yang membuat briket arang dari 8 jenis kayu dengan perekat campuran pati dan molase menyimpulkan bahwa semakin tinggi berat jenis kayu, kerapatan briket arang akan semakin tinggi. Kerapatan yang dihasilkan antara 0.45-1.03 g/cm³ dan nilai kalor antara 7290-7456 kal/g. Proses pembuatan briket arang dilakukan dengan beberapa tahap, Gambar 4. memperlihatkan alur proses pembuatan briket.

Nilai kalor pembakaran menunjukkan energi kalor yang dikandung tiap satuan massa bahan bakar. Nilai kalor dapat diukur dengan *bomb calorimeter*.

Bom Kalorimeter. Bom kalorimeter bekerja secara adiabatik. Kalor yang dilepaskan pada proses pembakaran di dalam kalorimeter tersebut akan menaikkan suhu kalorimeter. Besarnya kalor pembakaran ditentukan berdasarkan kenaikan suhu tersebut. Jika kapasitas kalor kalorimeter yang terdiri dari ember + air + bomb dinyatakan dalam C dan proses termal di dalam kalorimeter berlangsung secara adiabatik, maka

$$\Delta U_T = -C(T' - T) \quad (1)$$

Pada penelitian ini perlu dilakukan koreksi antara lain: terbentuknya asam nitrat U₁, adanya belerang U₂ sehingga persamaan di atas menjadi:

$$\Delta U_T + U_1 + U_2 = -C(T' - T) \quad (2)$$

Jika dalam percobaan ada m gram zat terbakar dan menimbulkan kenaikan suhu sebesar ΔT, maka kalor pembakaran ini (dalam kal/gram) dapat ditentukan dengan persamaan:

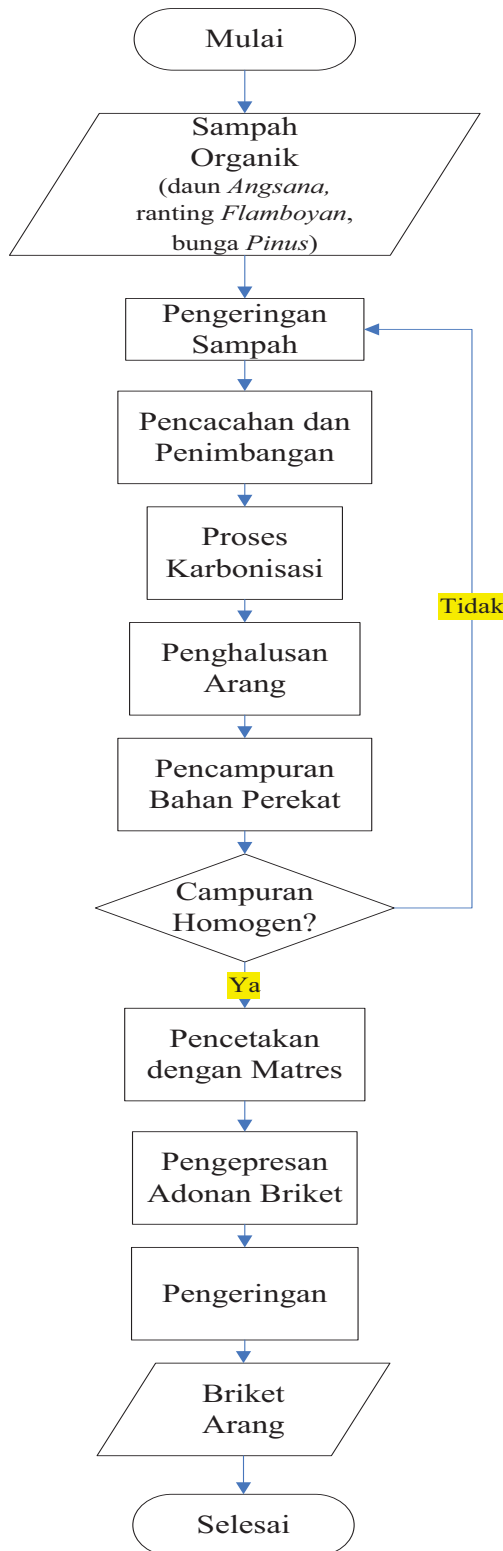
$$\Delta U_T = \frac{-C\Delta T - U_1 - U_2}{m} \quad (3)$$

Uji Kerapatan Massa Briket Arang

Rumus:

$$\text{Volume} = \frac{\pi \times D^2 (\text{cm}) \times \text{tebal} (\text{cm})}{4} (\text{cm}^3) \quad (4)$$

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Berat (gr)}}{\text{Vol}_1 (\text{cm}^3) - \text{Vol}_2 (\text{cm}^3)} (\text{gr/cm}^3) \quad (5)$$



Gambar 4. Alur Pembuatan Briket Sampah

Metodologi

- Observasi dilakukan langsung ke lapangan dan berdiskusi mengenai obyek yang dicermati baik di POLBAN maupun Pusat Penelitian Fisika LIPI
- Studi Literatur, kegiatan ini bertujuan untuk melakukan studi melalui buku-buku referensi dan catatan-catatan lain yang menunjang pengamatan dan berkaitan dengan judul ide studi kasus. Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan dasar teori untuk menunjang laporan.
- Pengumpulan data aktual, dilakukan dengan pembuatan briket perbedaan temperatur dalam proses pengarangan, pengukuran kuat tekan briket, waktu titik nyala bara api dan mengaplikasikan briket pada tungku buatan LIPI.
- Dengan metode analisa deskriptif berdasarkan data-data yang telah diperoleh dari analisa hasil perhitungan secara matematis.

Hasil dan Pembahasan

Persiapan Percobaan. Pertama, hal-hal yang perlu dipersiapkan adalah bahan baku (Sampah Organik) kering dan alat-alat yang mendukung proses pembuatan briket sampah.

Persiapan Bahan Baku. Bahan baku yang dibutuhkan pada proses pengarangan adalah sampah organik yang terdiri dari ranting kayu, daun dan bunga pinus. Bahan baku dipilih kering oleh sinar matahari atau digunakan bahan baku yang sudah gugur/layu; hal tersebut dilakukan agar waktu proses karbonisasi cepat. Tahapan sebelum proses pengarangan sampah tersebut dipisahkan berdasarkan jenis, dicacah/dipotong kecil-kecil, kemudian ditimbang berdasarkan kapasitas tempat pengarangan.

Persiapan Alat. Agar menghasilkan briket yang baik dan proses yang cepat diperlukan peralatan yang mendukung, diantaranya : timbangan, tungku pirolisa, termometer, penggerus, ayakan (mesh 40), matres, press hidrolik.

Tungku Pirolisa. Pirolisa (pyrolysis) yaitu suatu proses memanaskan bahan baku tanpa terpengaruh udara, sehingga tidak ada oksidasi. Cara ini menghasilkan suatu bahan bakar yang dapat mempunyai bentuk benda padat, cair atau gas. Bahan padat hasil proses pirolisa akan menghasilkan arang. Tungku pirolisa didesain mirip dengan kompor listrik, bahan baku dipanaskan oleh kabel nikelin 300 Watt/kabel kantal 300 Watt; mempunyai kapasitas maksimum 200 gram untuk bahan baku daun kering.

Tungku pirolisa ini terdiri dari wadah bahan baku, kotak tungku dan *box control* dilengkapi dengan alat kontrol untuk mengontrol suhu/temperatur dalam ruang bakar. Temperatur adalah ukuran panas-dinginnya dari suatu benda. Panas-dinginnya suatu benda berkaitan dengan energi termis yang terkandung

dalam benda tersebut. Semakin besar energi termisnya, maka semakin besar temperaturnya. Tungku pirolisa bekerja dengan mentransfer panas listrik sehingga dapat memanaskan bahan baku yang berada dalam ruang bakar.

Proses Karbonisasi. Proses karbonisasi dilakukan dengan pemvariasian temperatur pada tungku pirolisa untuk mengetahui waktu karbonisasi dengan menggunakan indikator perhentian proses karbonisasi, yaitu banyaknya volume asap yang dihasilkan dan warna asap hingga gelombang panas. Massa arang yang dihasilkan dan waktu yang diperlukan untuk karbonisasi akan diketahui setelah pengujian.

Pembriketan Arang Sampah. Briket arang merupakan sampah organik yang “dikarbonisasi” terlebih dulu. Sampah dikarbonisasi dengan cara dipanaskan dari temperatur 250°C sampai 350°C selama $\pm \frac{1}{2}$ jam. Setelah didinginkan arang tersebut dihancurkan hingga halus ($< 2\text{mm}$). Selanjutnya, arang halus tersebut dicampur dengan bahan perekat berupa tepung kanji, serbuk tanah liat atau molase. Campuran tersebut dicetak dan ditekan pada tekanan 10 – 20 bar, kemudian campuran tersebut dikeringkan.

Pada proses pembriketan terdapat kekuatan briket yang diperoleh dari besarnya tekanan pembriketan, kadar bahan pengikat, cara pencampuran, jumlah air dalam adonan dan sebaran ukuran butir arang. Parameter tersebut satu sama lainnya saling mempengaruhi.

Proses Pirolisa. Pirolisa merupakan suatu proses destilasi destruktif daripada bahan organik/proses perubahan secara kimia yang terjadi karena panas. Destilasi ini dilaksanakan dalam sebuah bejana tertutup dengan atmosfer tanpa oksigen, dan dipanaskan dari suhu 50-350 °C. Proses pirolisa dapat dimanfaatkan dengan mempergunakan sampah organik dan bahan-bahan kimia seperti metanol dan terpenin. Gas-gas yang dihasilkan pirolisa dari bahan organik pada umumnya merupakan campuran metan, monoksida karbon, dioksida karbon, hidrogen dan hidrokarbon rendah. Selain itu dihasilkan cairan berupa minyak-minyak hidrokarbon dan bahan-bahan padat berupa arang.

Pengayakan. Arang yang sudah jadi dihaluskan kemudian diayak. Ayakan merupakan perkakas untuk menampis barang-barang yang lebih halus. Proses pengayakan dilakukan untuk mendapatkan variasi partikel arang/screening, agar dapat diolah lebih lanjut. Ayakan yang digunakan pada percobaan ini adalah mesh berukuran 40.

Pencampuran. Perbandingan proses pencampuran antara arang halus dengan bahan perekat kanji (4%), bentonit (4%) dan nitrat (1%). Arang halus harus mempunyai ukuran partikel yang kecil, agar dapat

ditabur dan digulirkan sehingga bergerak secara turbulen. Proses tersebut untuk mendapatkan derajat pencampuran yang tinggi dan waktu pencampuran yang singkat. Tepung kanji digunakan untuk mendapatkan nilai kalor yang tinggi, dibandingkan dengan tanah liat dan lempung. Pencampuran tersebut biasanya menggunakan alat *mixer* dan dibiarkan berputar selama 15-20 menit, kemudian dilanjutkan dengan proses pencetakan.

Pencetakan. Matres adalah alat untuk mencetak bentuk briket. Alat ini bekerja dengan bantuan alat press hidrolik. Gambar 5 memperlihatkan alat pencetak briket matres dan Gambar 6 memperlihatkan bentuk briket yang telah dibentuk menggunakan matres. Bentuk briket yang dihasilkan dengan menggunakan matres adalah bulat dengan diameter 4 cm.



Gambar 5. Alat Pencetak Briket (Matres)



Gambar 6. Bentuk Briket Arang Sampah

Pengepresan. Briket yang telah dicetak kemudian dipress/ditekan dengan menggunakan alat *press* hidrolik (berfungsi untuk mentransmisikan gaya/tenaga). *Press* hidrolik dibuat oleh *Gonno Hydraulic Press Manufactur* (Jepang) dan diproduksi pada tahun 1990; mempunyai kapasitas sampai 210 kg/cm² dengan diameter 152 mm dan 150 mm. Cara kerja alat ini adalah mentransmisikan gaya melalui medium udara/gas pada saluran tertutup. Tenaga yang ditransmisikan berupa tekanan.

Pirolisa Daun Angsana (*pterocarpus indicus*). Tabel 1. menampilkan data pengurangan daun angšana hasil proses pirolisa; menjelaskan bahwa pemanasan daun dengan temperatur tinggi akan menghasilkan berat arang yang rendah, dikarenakan banyak zat hijau daun telah terbakar. Waktu pemanasan daun

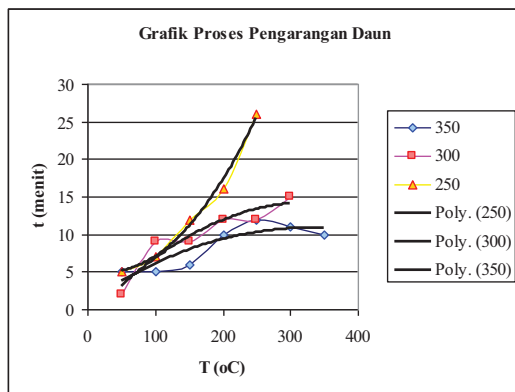
menggunakan pirolisa, semakin besar temperaturnya semakin cepat proses pembakarannya.

Tabel 1. Data Pengarangan Daun Angsana Hasil Proses Pirolisa

No	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Berat Sampah (gram)	Berat Arang (gram)
1	250	26	100	50
2	300	15	100	45
3	350	10	100	32

Sumber: LIPI Lab. Pusat Penelitian Fisika, 2007

Gambar 7. merupakan grafik karakteristik pengarangan daun. Waktu pengarangan pada temperatur 250 °C adalah membutuhkan waktu paling lama yaitu 26 menit dibandingkan dengan pengarangan temperatur 300 °C dan 350 °C. Asap yang dihasilkan berwarna putih disertai asap berwarna coklat, semakin tinggi temperaturnya maka semakin banyak asap yang dihasilkan. Warna arang yang dihasilkan adalah hitam dan arang menjadi halus disertai warna kecoklat-coklatan setelah dihaluskan.



Gambar 7. Karakteristik Pengarangan Daun

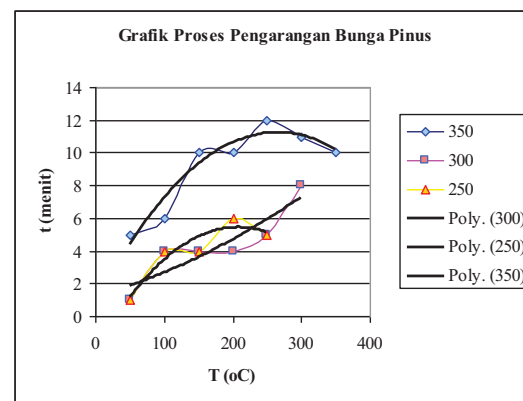
Pirolisa Bunga Pinus (*pine forest*). Tabel 2. menunjukkan data hasil pengujian pengarangan bunga pinus hasil proses pirolisa. Berat bunga pinus yang diarangan adalah 125 gram menghasilkan arang sebanyak 30-20% dari berat awal. Bunga pinus memiliki banyak serat, sehingga pada saat proses pengarangan menghasilkan ter yang lebih banyak dibandingkan dengan pengarangan kayu. Pada saat pemanasan 250-300 °C asap yang dihasilkan berwarna putih disertai sedikit asap berwarna coklat, sedangkan pada temperatur 300-350 banyak mengeluarkan asap berwarna biru dan coklat.

Tabel 2. Data Pengarangan Bunga Pinus Hasil Proses Pirolisa

No	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Berat Sampah (gram)	Berat Arang (gram)
1	250	5	125	50
2	300	8	125	43
3	350	10	125	37

Sumber: LIPI Lab. Pusat Penelitian Fisika, 2007

Gambar 8. memperlihatkan grafik proses pengarangan bunga pinus. Pada saat proses pengarangan, semakin tinggi temperatur pemanasan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan; semakin banyak mengurangi zat terbang dan zat-zat bukan karbon, sehingga menghasilkan berat arang yang lebih sedikit. Pada temperatur 250 °C air yang terkandung dalam bahan baku keluar menjadi uap, kandungan karbon $\pm 60\%$; sehingga proses pengarangan membutuhkan waktu yang cepat. Warna arang yang dihasilkan adalah hitam mengkilat dan arang menjadi seperti bubuk batubara setelah dihaluskan.



Gambar 8. Karakteristik Pengarangan Bunga Pinus

Pirolisa Ranting Flamboyan (*delonix regia*).

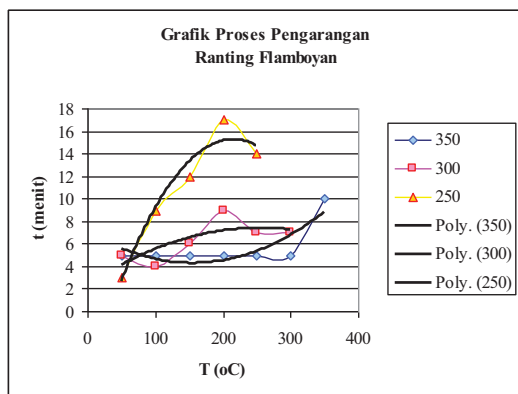
Tabel 3. menjelaskan data pengarangan ranting flamboyan hasil proses pirolisa. Waktu pengarangan pada temperatur 250 °C lebih lama dibandingkan temperatur 350 °C. Proses pengarangan pada ranting menghasilkan ter lebih sedikit dibandingkan dengan proses pengarangan pada bunga pinus. Pada saat temperatur 250 °C asap yang dihasilkan berwarna putih dan biru; temperatur 300 °C asap yang dihasilkan berwarna coklat dan temperatur 350 °C asap berwarna biru dan coklat sama rata. Setelah selesai pemanasan arang akan terbentuk gelombang panas dengan waktu ± 25 menit.

Tabel 3. Data Pengarangan Ranting Flamboyan Hasil Proses Pirolisa

No	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Berat Sampah (gram)	Berat Arang (gram)
1	250	14	200	100
2	300	7	200	73
3	350	10	200	59

Sumber: LIPI Lab. Pusat Penelitian Fisika, 2007

Gambar 9. menampilkan proses pengarangan ranting flamboyan, pengaturan waktu pengarangan membutuhkan waktu yang berbeda-beda. Pada temperatur 300 °C membutuhkan waktu yang sedikit dikarenakan zat-zat terbang telah terbakar pada temperatur 250 °C sehingga perlahan-lahan kayu menjadi arang, sedangkan pembentukan karbon terjadi pada temperatur 350 °C. Warna arang yang dihasilkan adalah hitam dan arang menjadi sangat lembut setelah dihaluskan.



Gambar 9. Karakteristik Pengarangan Ranting Flamboyan

Nilai Kalor pada Briket Arang Biomassa. Pengujian nilai kalor dianalisa di laboratorium MIPA ITB. Nilai kalor pada briket arang daun relative lebih kecil karena daun memiliki klorofil (senyawa pigmen yang berperan dalam menyeleksi panjang gelombang cahaya yang energinya diambil dalam fotosintesis). Sedangkan pada bunga pinus nilai kalor yang dihasilkan besar karena memiliki kadar ter yang mempengaruhi nilai kalor.

Peralatan bom kalorimeter yang digunakan terdiri dari: buret+klem, stop watch, botol semprot, termometer dan zat kimia yang digunakan terdiri dari air, asam benzoat, naftalena, parafin, gas oksigen, larutan baku Na_2CO_3 dan indikator metil merah.

Penentuan Kapasitas Kalor Kalorimeter. Sebuah tablet asam benzoat ditimbang, kemudian dimasukan ke dalam bom dan pasang kawat pemanas pada kedua elektrodanya demikian sehingga kawat pemanas menyentuh tablet benzoat. Bom diisi dengan oksigen sampai tekanan 30 Bar, ember diisi air 2000

ml kemudian bom dimasukkan ke dalam air tersebut. Biarkan kalorimeter 4 – 5 menit agar kondisi suhu air setimbang. Baca suhu air dan jalankan arus listrik untuk membakar sampel dengan cara menekan tombol (sekitar 5 detik), maka suhu air dalam ember akan naik dalam waktu 20 detik setelah dimulainya pembakaran. Catat suhu air dalam ember 6 menit setelah pembakaran dimulai. Dan suhu dibaca tiap menit hingga tercapai harga maksimum yang konstan selama sedikitnya 2 menit. Catat suhu air. Buka kalorimeter kemudian keluarkan bom dari dalam ember dan keluarkan gas sisa hasil reaksi cuci bagian dalam bom dan titrasi hasil cucian dengan indikator metil merah. Lepaskan kawat pemanas yang tidak terbakar dan ukur panjangnya, hitung kapasitas kalor kalorimeter dengan persamaan (3).

Penentuan Kalor Briket. Dengan prosedur pengerjaan sama seperti tersebut di atas yaitu siapkan jumlah sampel zat briket yang diperlukan antara 0,9 – 1 gram. Untuk zat berupa padatan, maka zat tersebut harus dipress menjadi tablet terlebih dahulu baru kemudian ditimbang dengan teliti.

Pengujian. Dengan mengetahui nilai kalor standar C (kalorimeter), massa sampel m, kenaikan suhu ΔT dari suhu awal T_0 ke T_1 dan koreksi titrasi U_1 dan koreksi kawat U_2 kemudian menggunakan persamaan (3), maka dapat ditentukan masing-masing nilai kalor bunga pinus, daun angkana dan ranting flamboyan seperti tertera pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian nilai kalor

	Bunga Pinus	Daun Angkana	Ranting Flamboyan
C (kalori)	2.439,977	2.439,977	2.439,977
m (gram)	1,0040	1,5200	1,4032
T_1 (°C)	26,71	28,15	28,80
T_0 (°C)	24,58	25,15	26,18
ΔT (°C)	2,13	3,00	2,62
U_1 (kal)	3,4	3,6	4,2
U_2 (kal)	8	9,0	10,0
Nilai kalor (kal/gr)	5165,09	4807,45	4545,70

Tabel 5. Hasil Pengujian nilai kalor briket arang Daun Angkana

Suhu	250 °C	300 °C	350 °C
C (kalori)	2.439,977	2.439,977	2.439,977
m (gram)	1200	1,1866	1,3241
T_1 (°C)	25,71	25,74	27,07
T_0 (°C)	24,10	24,30	24,76
ΔT (°C)	1,61	1,44	2,31
U_1 (kal)	13,9	12,5	12,9
U_2 (kal)	12,42	16,33	17,02
Nilai kalor (kal/gr)	3295,57	2985,33	4279,33

Tabel 6. Hasil Pengujian nilai kalor briket arang Ranting Flamboyon

Suhu	250 °C	300 °C	350 °C
C (kalori)	2.439,977	2.439,977	2.439,977
m (gram)	1,5523	1,0120	1,2751
T ₁ (°C)	26,74	26,43	26,21
T ₀ (°C)	24,23	24,54	24,16
ΔT (°C)	2,51	1,89	2,05
U ₁ (kal)	13,2	11,8	12,6
U ₂ (kal)	17,94	9,66	17,02
Nilai kalor (kal/gr)	3965,39	4578,08	3946,02

Tabel 7. Hasil Pengujian nilai kalor briket arang Bunga Pinus

Suhu	250 °C	300 °C	350 °C
C (kalori)	2.439,977	2.439,977	2.439,977
m (gram)	1,1200	1,4246	1,5222
T ₁ (°C)	27,86	28,12	27,43
T ₀ (°C)	25,66	25,31	24,53
ΔT (°C)	2,2	2,81	2,9
U ₁ (kal)	15,41	14	13,5
U ₂ (kal)	13,8	16,79	15,64
Nilai kalor (kal/gr)	4818,89	4834,43	4667,63

Tabel 8. Hasil Pengujian nilai kalor briket arang + batubara

C (kalori)	2.439,977
m (gram)	1,6010
T ₁ (°C)	26,58
T ₀ (°C)	24,02
ΔT (°C)	2,56
U ₁ (kal)	14,1
U ₂ (kal)	9,2
Nilai kalor (kal/gr)	3916,08

Tinjauan analisis terhadap suhu pirolisa. Daun angasana, memiliki nilai kalor tertinggi pada suhu 350 °C, disebabkan antara lain kandungan zat hijau daun telah banyak terbakar, sehingga terjadi peningkatan kandungan karbon. Daun flamboyon, memiliki nilai kalor tertinggi pada suhu 300 °C, disebabkan antara lain kandungan lignin relatif besar daripada daun, sedangkan nilai kalor terendah pada suhu 350 °C disebabkan kulit ranting yang banyak mengandung zat hijau daun, telah habis terbakar.

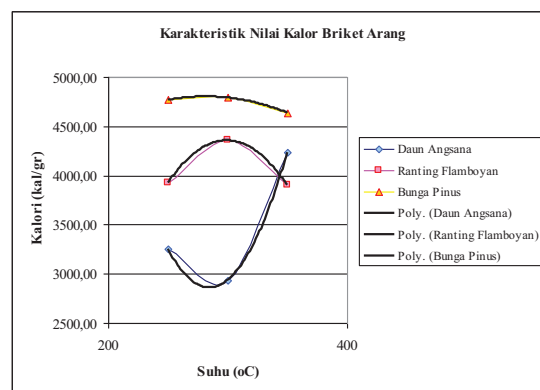
Tabel 9. Nilai Kalor Pada Briket Arang

Suhu (°C)	Daun Angsana (kal/gr)	Ranting Flamboyon (kal/gr)	Bunga Pinus (kal/gr)
250	3251,70	3925,27	4766,73
300	2936,74	4356,67	4791,20
350	4239,14	3899,56	4637,36
Rata-rata	3475,86	4060,50	4731,77

Sumber: Lab. MIPA ITB, 2007

Gambar 10. memperlihatkan karakteristik nilai kalor briket arang yang terdiri dari daun angasana, ranting/batang flamboyon, dan bunga pinus. Nilai

kalor maksimum adalah 4791,20 kal/gr atau 20055,96 Joule yang dihasilkan oleh bunga pinus pada temperatur 300 °C. Sedangkan nilai kalor terendah dihasilkan oleh daun angasana pada temperatur 300 °C, yaitu 2936,74 kal/gr atau 12293,19 Joule. Nilai kalor dipengaruhi oleh jenis bahan, ke-homogenan adonan briket dan tekanan briket.



Gambar 10. Karakteristik Nilai Kalor Briket Arang

Kesimpulan dan Saran

- Limbah biomassa dapat dibuat menjadi briket yang dimanfaatkan energi panasnya apabila dikonversikan.
- Suhu maksimum karbonisasi akan berpengaruh terhadap sifat kimia arang karena semakin tinggi kadar karbon, maka zat mudah menguap rendah. Semakin tinggi kandungan lignin pada bahan baku akan menghasilkan arang yang bermutu tinggi dan mempunyai nilai kalor yang tinggi.
- Berdasarkan percobaan briket arang daun angasana hasilnya tidak memuaskan, oleh karena itu limbah daun lebih baik digunakan untuk proses pemupukan. Sedangkan briket arang bunga pinus dan briket arang ranting flamboyon dapat digunakan sebagai bahan bakar, karena keunggulan briket ini adalah cepat terbakar dan memiliki nilai kalor yang memadai.
- Nilai kalor briket daun, ranting dan bunga pinus lebih rendah dibandingkan dengan nilai kalor sebelum dijadikan briket karena pada saat proses pembuatan briket ditambah bahan-bahan perekat yang akan mempengaruhi nilai kalor. Proses pembuatan briket arang biomassa akan menghasilkan bahan bakar yang bersih, aman, mudah diangkat dan higienis dibandingkan dengan kayu bakar.
- Nilai kalor terbaik adalah briket arang bunga pinus sebesar 4731,77 kal/gr (19873,434 kJ/kg), sedangkan briket daun memiliki nilai kalor yang rendah sebesar 3475,86 kal/gr (14598,612 kJ/kg).

Saran. Saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan bahan bakar alternatif antara lain sebagai berikut:

1. Dapat memanfaatkan gas buang sisa pembakaran dari proses pirolisa sebagai bahan bakar gas, amoniak dan tar dapat diproses lebih lanjut untuk bahan tambahan cat dan bahan perekat.
2. Untuk mendapatkan kualitas briket arang yang lebih baik perlu diperhatikan jenis bahan, suhu pengarangan/ karbonisasi, kehalusan serbuk, bahan perekat, proses adonan briket, pencetakan dan kuat tekan.
3. Untuk mendapatkan nilai kalor briket yang tinggi dilakukan pencampuran bahan baku yang memiliki nilai kalor yang tinggi seperti batok kelapa, ampas tebu, sekam padi dan kayu pohon karet.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian – LIPI yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kegiatan penelitian serta memberikan kesempatan mengikuti seminar juga kepada seluruh rekan PPF – LIPI dan Sdri. Merry Crishna B., A.Md. Politeknik Negeri Bandung yang telah mendukung kegiatan ini.

Daftar Pustaka

- Merry, C.,B., 2007, Pengujian Kandungan Energi pada Briket Sampah Lingkungan Kampus yang Diproduksi LIPI Pusat Penelitian Fisika (Studi Kasus Briket Sampah di LIPI Bandung), *Laporan Tugas Akhir*, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Archie W. Culp, Jr., 1991, *Principles of Energy Conversion Second Edition*, Singapore: Mc Graw-Hill, Inc.
- Indera, Prasetyo, 1985, *Pengaruh Tekanan Pengempaan dan Jenis Perekat Terhadap Briket Arang dengan Bahan Baku arang Pasar*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sopian Tatang, 2005, *Sampah dan Limbah Biomassa, Potensi Alternatif dan Energi di Daerah*, www.purwakarta.go.id, 25 April 2007
- Susanto, Herri, 1993, *Biomassa sebagai Sumber Energi Alternatif Tinjauan Terhadap Proses Gasifikasi*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- , 2007, *Energi Biomassa*, www.energiiterbarukan.net, 20 Mei 2007.